

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月22日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-307522  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2002-307522]

出願人 シャープ株式会社  
Applicant(s):

2003年 7月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3056028

【書類名】 特許願  
【整理番号】 1021849  
【提出日】 平成14年10月22日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 31/04  
B23K 1/00  
B23K 35/22

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 田中 聡

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 日置 正臣

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100064746

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100083703

【弁理士】

【氏名又は名称】 仲村 義平

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208500

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 太陽電池およびその製造方法、太陽電池用インターコネクター、ストリングならびにモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた電極を有する太陽電池であって、該鉛フリーはんだにはリンが含まれていることを特徴とする太陽電池。

【請求項2】 鉛を含まない鉛フリーはんだのリンの含有量が0.00001～0.5質量%であることを特徴とする請求項1に記載の太陽電池。

【請求項3】 鉛を含まない鉛フリーはんだが、Sn-Bi-Ag系はんだであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の太陽電池。

【請求項4】 電極が、銀ペーストを焼成することにより形成される銀電極であることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の太陽電池。

【請求項5】 銀ペーストに含まれるガラス粉末の平均粒径が $11\mu\text{m}$ 以下である請求項4に記載の太陽電池。

【請求項6】 銀ペーストに含まれるガラス粉末の含有量が2.8～10.0質量%である請求項4に記載の太陽電池。

【請求項7】 銀電極の平均厚みが $15\mu\text{m}$ 以上である請求項4に記載の太陽電池。

【請求項8】 請求項4に記載した太陽電池の製造方法であって、銀ペーストに含まれるガラス粉末として開口径が $73\mu\text{m}$ 以下のふるいを通したものをを用いることを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項9】 請求項4に記載した太陽電池の製造方法であって、銀ペーストの印刷の際に銀ペーストを2回以上印刷することを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項10】 請求項4に記載した太陽電池の製造方法であって、銀ペーストの印刷の際に3倍線材径マスクを用いることを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項11】 請求項1～請求項3のいずれかに記載した鉛フリーはんだ

でコーティングされていることを特徴とする太陽電池用インターコネクター。

【請求項12】 鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた太陽電池を、鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた太陽電池用インターコネクターで配線しているストリングであって、太陽電池および太陽電池用インターコネクターをコーティングしている鉛フリーはんだが請求項1～請求項3に記載した鉛フリーはんだであることを特徴とするストリング。

【請求項13】 太陽電池および太陽電池用インターコネクターをコーティングしている鉛フリーはんだが同一の組成であることを特徴とする請求項12に記載のストリング。

【請求項14】 請求項12または請求項13に記載のストリングが組み込まれているモジュール。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、太陽電池、特に鉛フリーはんだでコーティングした電極を有する太陽電池およびその製造方法、太陽電池用インターコネクター、ストリングならびにモジュールに関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

はんだコーティングを行う場合における従来の太陽電池の断面概略図を図4に示す。エッチングが行われたp型シリコン基板1の受光面となる片面側にn型拡散層2が形成されており、さらに、そのn型拡散層2の上の大部分に表面反射率を低減させるための反射防止膜3が形成されている。一方、p型シリコン基板1の裏面の大部分には、裏面アルミ電極4が形成されている。さらに、n型拡散層2の受光面の一部とp型シリコン基板1の裏面の一部には、銀電極5、6が形成されている。そして、銀電極5、6に対しては、はんだ層8によるコーティングが施されている。

#### 【0003】

このような太陽電池は図3に示すような工程により製造されていた。すなわち

、結晶系シリコンの場合は、まずp型シリコン基板1に対してエッチングを行う。これが基板エッチング工程である。そして、エッチングを行ったp型シリコン基板1に対して、受光面となる片面側にn型拡散層2を形成するn型拡散層形成工程を行い、その上に表面反射率を低減させるための反射防止膜3を形成する反射防止膜形成工程を行う。

#### 【0004】

そして、p型シリコン基板1の裏面には、アルミニウムペーストをスクリーン印刷法により、ほぼ全面（後の工程で、裏面の銀電極を形成させる部分を除く）に印刷し、乾燥させた後、高温で酸化性雰囲気中で焼成して裏面アルミ電極4を形成する。これが裏面アルミペースト印刷・乾燥・焼成工程である。

#### 【0005】

さらにスクリーン印刷法により、反射防止膜3の受光面の一部とp型シリコン基板1の裏面の一部に銀ペーストをパターン状に印刷し、高温で酸化性雰囲気中で焼成して銀電極5、6を形成する。すなわち、裏面銀ペースト印刷を行った後乾燥させる裏面銀ペースト印刷・乾燥工程を行い、焼成させて銀電極6を形成し、さらに、受光面銀ペースト印刷を行った後乾燥させる受光面側銀ペースト印刷・乾燥工程を行い、焼成させて銀電極5を形成する。このとき、受光面側の反射防止膜3上に印刷・乾燥された銀ペーストは、焼成によって銀ペースト成分が反射防止膜3を透過してn型拡散層2まで到達するため、図4に示すように、銀電極5はn型拡散層2上に形成されることになる。なお、銀電極5と銀電極6とを焼成させる場合は同時に焼成させる同時焼成工程を行うことが可能である。

#### 【0006】

その後、上述のようにして形成される太陽電池素子を、活性剤を含むフラックスへ常温で数10秒間浸漬させる。これがフラックス浸漬工程である。太陽電池素子をフラックスへ浸漬させた後、温風乾燥させ、約195℃の2質量%銀入りの6：4共晶はんだ浴に約1分間浸漬して、銀電極5、6に対して、はんだ層8によるコーティングを行う。これがはんだコーティング工程である。

#### 【0007】

はんだ層8によるコーティングが完了した後は、常温水中もしくは温水中での

超音波洗浄を数回繰り返した後、最後に純水リンスを行い、温風乾燥を行う。これが洗浄・乾燥工程である。上述した工程により、太陽電池を製造が製造されるのである。

#### 【0008】

一方、太陽電池をインターコネクターで接続させたストリングは図5に示される。すなわち、図5は、従来のストリングを示す図で、太陽電池10の表面主電極21は6:4共晶はんだでコーティングされており、複数の太陽電池10が、6:4共晶はんだでコーティングされたインターコネクター22で接続されている。このようなストリングは下記に示すような方法にて製造されていた。すなわち、銅リード線に6:4共晶はんだをコーティングしたインターコネクター22を太陽電池10の6:4共晶はんだをコーティングした主電極21に重ねて400℃程度の熱風吹付けにより溶融・冷却固化することにより接続する。これを表裏と繰返してストリングを作製し、太陽電池モジュールの製造に供していた。

#### 【0009】

近年、環境問題の観点から、鉛の人体への害が問題視され、種々のデバイスから鉛を使用しない方向に開発が進んでいる。そして、太陽電池の製造においても、鉛を含有しない鉛フリーの状態で製造を行うことが業界から強く要望されている。

#### 【0010】

かかる要望に答えるべく、 $\text{Sn-Bi-Ag}$ 系または $\text{Sn-Ag}$ 系の鉛フリーはんだによって該銀電極をコーティングした太陽電池が提案されている（たとえば、特許文献1参照。）。

#### 【0011】

しかしながら、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだは、従来の6:4共晶はんだに比べ濡れ性が小さく、かかる鉛フリーはんだでコーティングされた電極のはんだ厚みが大きくなり、外見の低下のみならず太陽電池とインターコネクターを貼り付けられた銀電極との接着力が低下するおそれがある。

#### 【0012】

【特許文献1】

特開 2002-217434 号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上述の弊害を解消するためのものであり、鉛フリーはんだの濡れ性を向上させて、鉛フリーはんだによる電極のコーティング厚みが薄く、インターコネクタの剥離が抑制された信頼性の高い太陽電池を提供することを目的とする。また、本発明は、かかる鉛フリーはんだコーティングされたインターコネクタ、上記太陽電池を上記インターコネクタで配線していることを特徴とする信頼性の高いストリングおよびモジュールを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明にかかる太陽電池は、鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた電極を有する太陽電池であって、該鉛フリーはんだにはリン (P) が含まれていることを特徴とする。ここで、該鉛フリーはんだのリン (P) の含有量は、0.00001~0.5質量%であることが好ましい。また、該鉛フリーはんだは、Sn-Bi-Ag系はんだであることが好ましい。

【0015】

また、本発明にかかる太陽電池の電極は、銀ペーストを焼成することにより形成される銀電極であることが好ましい。さらに、銀ペーストに含まれるガラス粉末の平均粒径が $11\mu\text{m}$ 以下であること、銀ペーストに含まれるガラス粉末の含有量が2.8~10質量%であること、または、銀電極の平均厚みが $15\mu\text{m}$ 以上であることはより好ましい。

【0016】

また、本発明にかかる銀電極を有する太陽電池の製造方法においては、銀ペーストに含まれるガラス粉末として開口径が $73\mu\text{m}$ 以下のふるいを通したものをを用いること、銀ペーストの印刷の際に銀ペーストを2回以上印刷することまたは3倍線材径マスクを用いることが好ましい。

【0017】

また、本発明にかかる太陽電池用インターコネクタは、上記鉛を含まない鉛



フリーはんだでコーティングされていることを特徴とする。

#### 【0018】

また、本発明にかかるストリングは、鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた太陽電池を、鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた太陽電池用インターコネクターで配線しているストリングであって、太陽電池および太陽電池用インターコネクターをコーティングしている鉛フリーはんだが上記の鉛フリーはんだであることを特徴とする。さらに、上記ストリングは、太陽電池および太陽電池用インターコネクターをコーティングしている鉛フリーはんだが同一の組成であることが好ましい。

#### 【0019】

さらに、本発明にかかるモジュールは、上記ストリングが組み込まれているものである。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

本発明にかかる太陽電池は、鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた電極を有する太陽電池であって、該鉛フリーはんだにはリン（P、以下同じ）が含まれている。鉛フリーはんだにPが含まれることにより、はんだの表面酸化が抑制され、接合部への酸化物のまき込みがなくなることによって電極等の均一保護性能が向上するとともに金属光沢が現れる。また、鉛フリーはんだにPが含まれることにより、はんだの濡れ性が良くなり、電極等との接着面積の増加とともにはんだのコーティング厚みが薄くなり、はんだ層自体の伸縮量が低減できるため、電極等へ及ぼす応力負担を軽減できることから、はんだと電極等との接着強度が向上する。

#### 【0021】

また、上記鉛フリーはんだのP含有量は、0.00001～0.5質量%であることが好ましい。0.00001質量%未満であるとP添加による上記効果が発現しないからであり、0.5質量%を超えるとはんだが脆くなるからである。かかる観点から、鉛フリーはんだのP含有量は、より好ましくは0.0001～0.05質量%であり、さらに好ましくは0.0001～0.005質量%であ

る。

#### 【0022】

また、Pは、Sn、AgおよびBiのいずれに対してもなじみが良いため、上記フリーはんだとしては、Sn-Bi-Ag系はんだまたはSn-Ag系はんだを使用することが可能であるが、ディップ温度を下げる観点からSn-Bi-Ag系はんだが好ましい。Sn-Bi-Ag系はんだまたはSn-Ag系はんだは、Snはんだよりも融点の低いはんだである。ここで、Sn-Bi-Ag系はんだは、0.1%以上のAgを含むSn-Bi-Ag系はんだである。また、Sn-Ag系はんだは、0.1%以上のAgを含むSn-Ag系はんだである。

#### 【0023】

Sn-Bi-Ag系はんだにおいて、Biの含有量が3~89質量%であれば好適である。また、Biの含有量が35~60質量%であればさらに好適である。このようにBiの含有量を設定するのは以下の理由によるものである。すなわち、はんだディップ工程を問題なく行うためには、現行のディップ温度である195℃程度で行うことが望ましく、少なくとも特性や信頼性などの点で実用上の限界である225℃以下で行う必要がある。225℃以下の融点となる組成は、0.1%Ag含有の場合においてBiが5~88質量%で、1.3%Ag含有の場合においてはBiが3~89質量%である。一方、195℃以下の融点となる組成は、0.1%Ag含有の場合においてBiが27~79質量%で、1.8%Ag含有の場合においてはBiが35~60質量%である。以上より、Sn-Bi-Ag系はんだにおいて、Biの含有量が3~89質量%であれば好適である。よって、Biの含有量が3~89質量%であれば好適であり、35~60質量%であればさらに好適である。

#### 【0024】

同様にSn-Ag系はんだにおいても、225℃以下の融点となる組成は、Agが3.5~4.5質量%である。一方、195℃以下の融点となる組成は、この系では存在しない。以上よりSn-Ag系はんだにおいて、Agの含有量は3.5~4.5質量%が好適である。

#### 【0025】

また、本発明にかかる太陽電池における電極は、銀ペースト焼成法、蒸着法、スパッタリング法またはめっき法等によって形成することができるが、製造効率の観点から、銀ペースト焼成法によって形成することが好ましい。

#### 【0026】

太陽電池の電極を作製する際に使用する銀ペーストとしては、銀粉末と、ガラス粉末と、有機質ビヒクルと、有機溶媒とを主成分とし、塩化イリジウムと酸化りんを含むことを特徴とする銀ペースト材料を使用することができる。

#### 【0027】

ここで、銀ペースト焼成法とは、銀ペーストをスクリーン印刷法にて、P型シリコン基板の裏面の所定位置にたとえば $40\mu\text{m}$ 厚みに印刷、 $150^{\circ}\text{C}$ で約4分間乾燥し、次いでP型シリコン基板の受光面側の所定位置に銀ペーストをパターン状に上記と同様に印刷、乾燥した後、たとえば $600^{\circ}\text{C}$ の温度条件下、酸化性雰囲気中で2分間焼成することにより表裏面に銀電極を形成する方法をいう。

#### 【0028】

また、蒸着法とは、反射防止膜表面にレジスト法により所定のパターンを抜き、HFで反射防止膜をエッチング除去して乾燥させた後、 $70^{\circ}\text{C}$ 程度の温度条件下で、Ti、Pd、Agの順にそれぞれたとえば $0.1$ 、 $0.1$ 、 $1\mu\text{m}$ の厚さで蒸着を行ない、その後レジストを剥離させた後、たとえば $350^{\circ}\text{C}$ の温度条件下、窒素中で熱処理を行うことにより銀電極を形成する方法をいう。なお、スパッタリング法も蒸着法と同様の手順で行なうことができる。

#### 【0029】

また、めっき法とは、反射防止膜上にレジスト法により所定のパターンを抜き、HFで反射防止膜をエッチング除去し、さらにめっき前処理を行った後、Ni、Agの無電解めっきをそれぞれたとえば $0.5$ 、 $2.5\mu\text{m}$ の厚さで形成し、その後レジスト剥離を行い、たとえば $150^{\circ}\text{C}$ 窒素中で熱処理することにより銀電極を形成する方法をいう。

#### 【0030】

また、本発明にかかる太陽電池は、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた銀電極を有する太陽電池であって、該銀ペーストに含まれるガラ

ス粉末の平均粒径が $11\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。ここで、平均粒径とは、光散乱回折法によって得られる平均粒径をいう。ガラス粉末の平均粒径が $11\mu\text{m}$ を超えると、温湿度変化の大きい環境条件下においてはインターコネクター剥離率が大きくなるからである。ガラス粉末の平均粒径を小さくするほどガラス粉末の均一分散性が良くなり、銀ペースト内部および太陽電池界面における接着力を維持できることができる。かかる観点から、ガラス粉末の平均粒径は、より好ましくは $8\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下である。

#### 【0031】

また、本発明にかかる太陽電池は、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた銀電極を有する太陽電池であって、該銀ペーストに含まれるガラス粉末の含有量が2.8~10.0質量%であることが好ましい。ガラス粉末の含有量が2.8質量%未満であると温湿度変化の大きい環境条件下においてはインターコネクター剥離率が大きくなるからであり、ガラス粉末の含有量が10%を超えると、均一なペーストとはならず、太陽電池への印刷が困難となるからである。上記観点から、銀ペーストに含まれるガラス粉末の含有量は、より好ましくは2.8~7.0質量%であり、さらに好ましくは3.0~7.0質量%であり、最も好ましくは3.0~4.0質量%である。

#### 【0032】

また、本発明にかかる太陽電池は、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた銀電極を有する太陽電池であって、銀電極の平均厚みが $15\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。銀ペーストの焼成後の銀電極の平均厚みが $15\mu\text{m}$ 未満であると、温湿度が大きく変化した場合に、太陽電池のn型拡散層またはp型基板と銀電極との接着界面にかかる、太陽電池のシリコン材料とインターコネクターを貼り付けられた銀電極材料の熱膨張率の差によって生じる歪み応力を吸収できなくなり、温湿度変化の大きい環境条件下においてインターコネクター剥離率が大きくなるからである。かかる観点から、銀ペーストの焼成後の膜厚は、より好ましくは $20\mu\text{m}$ 以上である。

#### 【0033】

また、本発明にかかる太陽電池の製造方法として、銀ペーストに含まれるガラ

ス粉末の平均粒径を小さくするため、あらかじめふるいにかけて該ふるいを通してガラス粉末を用いる製造方法を採用することは好ましい。また、ふるいを用いることによってガラス粉末の平均粒径を小さくするのみならず、粒径の大きいガラス粉末を選択的に除くことによって、粒径の小さいガラス粉末を多く含有する粒度分布とすることができ、銀電極5、6とn型拡散層2またはp型シリコン基板1との接着力の維持に寄与できる。かかる観点から、開口径73 $\mu$ m以下のふるいであれば、大きい粒径のガラス粒子を十分に除去できる。また、上記観点から、開口径50 $\mu$ m以下のふるいを用いることがより好ましく、開口径37 $\mu$ m以下のふるいを用いることがさらに好ましい。

#### 【0034】

また、本発明にかかる太陽電池の製造方法として、銀ペーストの焼成後の厚みを大きくするために、銀ペーストのスクリーン印刷を行なう際に、銀ペーストを2回以上印刷する製造方法を採用することも好ましい。

#### 【0035】

また、本発明にかかる太陽電池の製造方法として、銀ペーストの焼成後の厚みを大きくするために、銀ペーストのスクリーン印刷を行なう際に、3倍線材径マスクを用いる製造方法を採用することも好ましい。ここで、3倍線材径マスクとは、縦線材と横線材とによって構成されるメッシュ織物状のマスクであって、一方の線材の張力を高めることによって、紗厚が基本的に線材径の3倍になるような構造を有するマスクをいい、ペーストなどを厚く印刷するために用いられる。たとえば、ステンレス線材のメッシュ織物状マスク（中沼アートスクリーン社製）が挙げられる。

#### 【0036】

また、太陽電池の電極を作製する際に使用するフラックスとしては、ポリアルキレングリコール系樹脂と溶剤のみからなり、活性剤を含まないことを特徴とするフラックス材料を使用することができる。すなわち、樹脂と溶剤と樹脂安定剤とからなるフラックスを使用することができ、樹脂と溶剤と樹脂安定剤とからなるフラックスで洗浄された後、鉛フリーはんだで電極をコーティングすることができる。

## 【0037】

また、本発明にかかる太陽電池用インターコネクターは、上記の鉛フリーはんだでコーティングされている。インターコネクターにおいて鉛フリーはんだでコーティングされたリード線は一般に銅（Cu）が用いられており、リン（P）は、Cuとのなじみが良く、リード線と微量のPを含有する鉛フリーはんだでリード線をコーティングすることにより、リード線との接着性がより向上するからである。

## 【0038】

また、本発明にかかるストリングは、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされた電極を有する太陽電池を、上記の鉛を含まない鉛フリーはんだでコーティングされたリード線を有するインターコネクターで配線したストリングであればとくに制限はないが、太陽電池の電極をコーティングする鉛フリーはんだとインターコネクターのリード線をコーティングする鉛フリーはんだとは同一の組成であることが好ましい。両者の組成が同一であることにより、融点の一致、相溶性の向上等のため、より安定で信頼性の高いはんだ付けが可能となるからである。

## 【0039】

なお、本発明にかかるストリングは、たとえば、下記のように製造することができる。すなわち、図2に示すように、所望の長さにカットした鉛フリーはんだでコーティングされたインターコネクター12を太陽電池の受光面側の鉛フリーはんだでコーティングされた主電極11に接するようにセットし、インターコネクターごと400℃程度の熱風を吹付け、そのはんだ同士をいったん融解させた後、冷却・固化することでインターコネクターと太陽電池とを一体化させる。その後、太陽電池の裏面側電極に対しても、太陽電池を反転するなどし、同様の工程を行うことで、本発明に係るストリングを製造することができる。

## 【0040】

また、本発明にかかるモジュールは、上記ストリングを組み込んでいるものである。該ストリングを組み込むことにより、インターコネクターと太陽電池との接着力が高く信頼性の高いモジュールを形成することができる。本発明にかかる

モジュールの形態は、上記ストリングを組み込んでいるものであれば特に制限はないが、たとえば、太陽電池の受光面側にガラス板等の透明基板において透明な充填材料と裏面コートで該ストリングを封入するスーパーストレート方式が好ましく採用される。ここで、透明な充填剤としては、光透過率の低下の少ないPVB（ポリビニルブチロール）や耐湿性に優れたEVA（エチレンビニルアセテート）等がよく用いられる。

#### 【0041】

##### 【実施例】

以下、本発明の実施例について、本発明にかかる太陽電池の断面概略図である図1を用いて説明する。図1に示すように、テクスチャエッチングされた厚さ $330\mu\text{m}$ で $125\text{mm}$ 角型のp型シリコン基板1の片側表面に、 $900^{\circ}\text{C}$ におけるリン（P）の熱拡散により $50\Omega/\square$ の面抵抗をもつn型拡散層2を形成し、その上に反射防止膜3としてプラズマCVD法により $60\text{nm}$ のシリコン窒化膜を形成した。裏面の大部分（裏面の銀電極形成部分を除く）に市販のアルミペーストをスクリーン印刷法にて印刷し $150^{\circ}\text{C}$ 程度で乾燥の後、空気中 $700^{\circ}\text{C}$ で焼成し裏面アルミ電極4を形成した。

#### 【0042】

片側表面（受光面側）にn型拡散層2および反射防止膜3を設け、さらに、片側裏面の大部分に裏面アルミ電極4を設けたp型シリコン基板1に対して、銀ペースト焼成によって電極形成を行なった。

#### 【0043】

銀ペースト焼成により電極形成を行う場合は下記に示す手順にて行なった。すなわち、表1の組成を基本組成とする銀ペーストをスクリーン印刷法にて、p型シリコン基板1の裏面の所定部分（裏面アルミ電極4が形成されていない部分）に所定厚みに印刷し、 $150^{\circ}\text{C}$ で約4分乾燥した。次いで受光面側へ銀ペーストをパターン状に印刷して乾燥後、 $600^{\circ}\text{C}$ の温度条件下、酸化性雰囲気中で2分間焼成することにより表裏面の銀電極5、6を形成した。

#### 【0044】

【表1】

成 分	比率 (質量%)
銀粉末	79.41
ガラス粉末	2.00
有機ビヒクル	7.54
五酸化リン	0.10
有機溶剤	10.945
塩化イリジウム	0.005

【0045】

銀電極を形成させた太陽電池セルを、表2の組成のフラックス中へ浸漬し、熱風乾燥後、表3に示す組成のうちSn-Bi-Ag系はんだに浸漬する。具体的には、概ねSn-40Bi-1.25Agの組成からなるはんだに所定量のSn-P合金を溶かし込んで、Sn-40Bi-1.25Ag-0.001P組成としたはんだ浴に浸漬し、鉛フリーはんだ層7を形成した。はんだには濡れ性向上のためリン(P)の他に微量のアンチモン、ガリウム等を含有させることが可能である。その後、純水、温純水で計5分間リンスを行った後、乾燥させ太陽電池を完成させた。なお、表3には鉛フリーはんだとして、Sn-Bi-Ag系はんだと、Sn-Ag系はんだとが記載してあるが、いずれのものであっても電極を被覆することができる。鉛フリーはんだのP含有量を変化させたときのはんだの平均厚みおよび表面光沢を表4に示す。

【0046】

【表2】

成 分	比率 (質量%)
ポリアルキルグリコール系樹脂	49.9
アルコール	49.9
アミン系安定剤	0.2

【0047】



【表3】

鉛フリーはんだ	ディップ温度 (°C)
Sn-Bi-Ag系	193
Sn-Ag系	222

## 【0048】

この太陽電池と上記と同じ組成を有する鉛フリーはんだでコーティングされたインターコネクターとを以下の様にして接続した。すなわち、所望の長さにカットした上記インターコネクターを太陽電池の鉛フリーはんだでコーティングされた銀電極に接するようにセットし、インターコネクターごと400℃程度の熱風を吹き付け、そのはんだ同士をいったん融解させた後、冷却・固化することによりインターコネクターを太陽電池と一体化させることにより行なった。

## 【0049】

かかる太陽電池とインターコネクターとの接着性の信頼性を評価するため、かかる太陽電池の銀電極にインターコネクターを接続させた試験片を用いて、温湿度変化の大きい環境条件としてJISC 8917に示す温湿度サイクル試験A-2を10サイクル行なった後のインターコネクター剥離率を測定した。JISC 8917は、太陽電池モジュールについての環境試験方法および耐久性試験方法であるが、本実施の形態においては、太陽電池の銀電極にインターコネクターを接続させた試験片に対して適用した。

## 【0050】

ここで、インターコネクター剥離率(%)とは、前記温湿度サイクル試験を行なった試験ポイントのうち太陽電池からインターコネクターが剥離した試験ポイントの割合を百分率で示したものをいう。なお、1回の試験毎に、1個の試験片について10ポイント、5個の試験片(合計50ポイント)について測定を行なった。

## 【0051】

<鉛フリーはんだのP含有量による影響>

鉛フリーはんだのP含有量とはんだ平均厚み、はんだ表面光沢および温湿度サ

イクル試験後のインターコネクター剥離率との関係を表4の実施例1～3、比較例1に示す。ここで、はんだ表面光沢の評価は目視により行ない、光沢の有るものを○、無いものを×で表記した。表4においては、銀ペーストの組成はいずれも表1に示すとおりガラス粉末の含有率は2.0質量%であり、ガラス粉末の粒径は $11\mu\text{m}$ であり、銀電極の平均厚みは $10\mu\text{m}$ である。

【0052】

【表4】

	はんだ P含有量 (質量%)	はんだ 平均膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	はんだ 表面光沢	温湿度サイクル試験後の インターコネクター剥離率 (%)
比較例1	0	19	×	50
実施例1	0.001	15	○	2
実施例2	0.003	15	○	2
実施例3	0.005	16	○	2

【0053】

表4に示すように、鉛フリーはんだにPが含まれることにより、はんだ平均膜厚が減少しはんだ表面に光沢が発現するとともに、インターコネクター剥離率を著しく低減することができ、太陽電池の信頼性を向上できることがわかる。この際、インターコネクターのコーティングはんだをSn-Ag-Cu系鉛フリーはんだに変えて同様の実験を行なったが、結果に有意差は見られなかった。

【0054】

<銀ペーストのガラス粉末の平均粒径による影響>

銀ペーストに含まれるガラス粉末の平均粒径と温湿度サイクル試験後のインターコネクター剥離率との関係を表5の実施例2、4、5に示す。ここで、表5においては、鉛フリーはんだのP含有率は0.001質量%であり、銀ペーストの組成はいずれも表1に示すとおりガラス粉末の含有率は2.0質量%であり、銀電極の平均厚みは $10\mu\text{m}$ である。

【0055】

【表5】

	銀ペーストの ガラス粉末平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	温湿度サイクル試験後の インターコネクター剥離率 (%)
実施例4	20	10
実施例2	11	2
実施例5	5	0

## 【0056】

表5に示すように、ガラス粉末の平均粒径を $20\mu\text{m}$ から $11\mu\text{m}$ とすることによりインターコネクター剥離率がさらに減少し、ガラス粉末の平均粒径を $5\mu\text{m}$ とするとインターコネクターの剥離が認められなかった。このことから、銀ペーストに含まれるガラス粉末の平均粒径を小さくすることにより、インターコネクター剥離率をさらに低減することができ、太陽電池の信頼性を向上できることがわかる。

## 【0057】

<銀ペーストのガラス粉末の含有量による影響>

銀ペーストに含まれるガラス粉末の含有量（質量%）と温湿度サイクル試験後のインターコネクター剥離率との関係を表6の実施例2、6～8に示す。ここで、表6においては、銀ペーストの組成は、表1においてガラス粉末以外の成分の質量比は同様としガラス粉末のみの含有量を変化させることによりガラス粉末の含有量を2.0質量%、2.8質量%、3.0質量%または4.0質量%に調整した。また、表6のいずれの場合も、鉛フリーはんだのP含有率は0.001質量%であり、銀ペーストのガラス粉末の平均粒径は $11\mu\text{m}$ であり、銀電極の平均厚みは $10\mu\text{m}$ である。

## 【0058】

【表6】

	銀ペーストの ガラス粉末含有率 (質量%)	温湿度サイクル試験後の インターコネクター剥離率 (%)
実施例2	2	2
実施例6	2.8	0
実施例7	3	0
実施例8	4	0

【0059】

表6に示すように、ガラス粉末の含有量を2.8質量%以上とすることにより、インターコネクターの剥離が認められなくなった。このことから、銀ペーストのガラス粉末の含有率を増大させることにより、インターコネクター剥離率をさらに低減することができ、太陽電池の信頼性を向上できることがわかる。

【0060】

<銀電極の平均厚みによる影響>

銀電極の平均厚みと温湿度サイクル試験後のインターコネクター剥離率との関係を表7の実施例2、9、10に示す。ここで、表7のいずれの場合も、鉛フリーはんだのP含有率は0.001質量%であり、銀ペーストの組成はいずれも表1に示すとおりガラス粉末の含有率は2.0質量%であり、ガラス粉末の平均粒径は11 $\mu$ mである。

【0061】

【表7】

	焼成後の 銀ペースト電極の平均厚み ( $\mu$ m)	温湿度サイクル試験後の インターコネクター剥離率 (%)
実施例2	10	2
実施例9	15	0
実施例10	20	0

【0062】

表7に示すように、銀電極の平均厚みを、 $10\mu\text{m}$ から $15\mu\text{m}$ とすることによりインターコネクタの剥離が認められなくなった。このことから、銀電極の平均厚みを大きくすることにより、インターコネクタ剥離率をさらに低減することができ、太陽電池の信頼性を向上できることがわかる。

#### 【0063】

なお、今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【0064】

##### 【発明の効果】

上記のように、本発明にかかる太陽電池においては、電極をコーティングする鉛を含まない鉛フリーはんだの濡れ性を向上させて鉛フリーはんだによる電極のコーティング厚みを薄くすることにより、インターコネクタの剥離が抑制され、信頼性が向上する。また、かかる鉛フリーはんだでコーティングされたインターコネクタ、上記太陽電池をインターコネクタで配線したストリングおよび該ストリングを組み込んでいるモジュールの信頼性も向上する。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる太陽電池の断面概略図である。

【図2】 本発明にかかるストリングを説明する図である。

【図3】 太陽電池の製造工程を説明する図である。

【図4】 従来の太陽電池の断面概略図である。

【図5】 従来のストリングを説明する図である。

##### 【符号の説明】

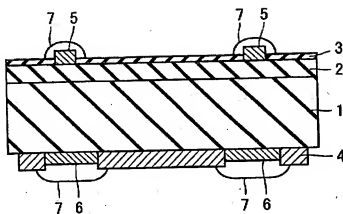
1 p型シリコン基板、2 n型拡散層、3 反射防止膜、4 裏面アルミ電極、5、6 銀電極、7 鉛フリーはんだ層、8 はんだ層、10 太陽電池、11 鉛フリーはんだでコーティングされた主電極、12 鉛フリーはんだでコーティングされたインターコネクタ、21 6:4共晶はんだでコーティングされた主電極、22 6:4共晶はんだでコーティングされたインターコネクタ

一。

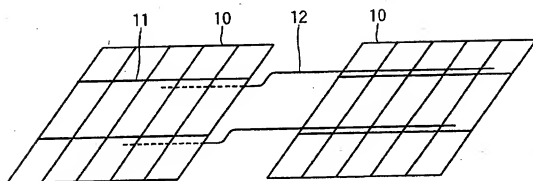
【書類名】

図面

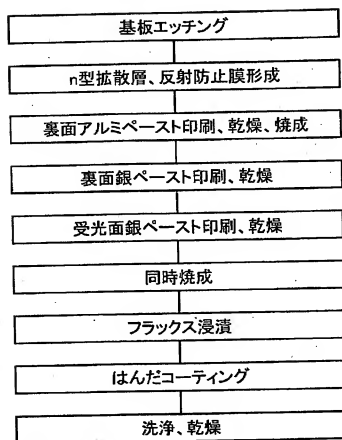
【図1】



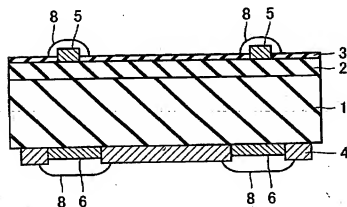
【図2】



【図3】

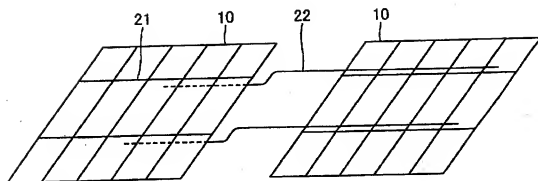


【図4】





【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鉛フリーはんだの濡れ性を向上させて、鉛フリーはんだによる電極のコーティング厚みが薄く、インターコネクタの剥離が抑制された信頼性の高い太陽電池、ストリングまたはモジュール等を提供する。

【解決手段】 太陽電池は、銀電極5、6をコーティングする鉛を含まない鉛フリーはんだ層7にリンが含まれていることを特徴とする。鉛フリーはんだのリンの含有量は0.00001～0.5質量%が好ましい。また、銀電極5、6は、銀ペーストを焼成することによって形成される銀ペースト電極であることが好ましい。また、ストリングは、かかる太陽電池を上記鉛フリーはんだでコーティングされたインターコネクタで配線しており、モジュールはかかるストリングが組み込まれている。

【選択図】 図1



特願 2002-307522

出願人履歴情報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名

シャープ株式会社